

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

О. В. Прасоленко

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

**АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ**  
**УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ**

*(для студентів 5 курсу денної та 6 курсу заочної форм навчання  
спеціальностей  
7.07010104, 8.07010104 – Організація і регулювання дорожнього руху)*

**Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2016**

**Прасоленко О. В.** Конспект лекцій з дисципліни «Автоматизовані системи управління дорожнім рухом» (для студентів 5 курсу денної та 6 курсу заочної форм навчання 7.07010104, 8.07010104 – Організація і регулювання дорожнього руху) / О. В. Прасоленко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 40 с.

Автор:        О. В. Прасоленко

Рецензент:   доц. Є. І. Куш

Рекомендовано кафедрою транспортних систем і логістики, протокол  
№ 1    від 29.08. 2014 р.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Тема 1 Класифікація технічних засобів АСУ-ДР.....	5
Тема 2 Дорожні контролери.....	7
Тема 3 Детектори транспорту.....	10
Тема 4 Виконавчі пристрої АСУ-ДР.....	13
Тема 5 Методи управління транспортними потоками.....	17
Тема 6 Розрахунок режиму «жорсткого» програмного управління.....	22
Тема 7 Розрахунок режиму адаптивного управління.....	34
Тема 8 Організація експлуатації АСУ-ДР.....	37
Список використаних джерел.....	39

## ВСТУП

В загальній проблемі підвищення ефективності транспортних процесів важливе місце належить впровадженню автоматизованих систем управління дорожнім рухом, побудованих на базі сучасних засобів автоматики та обчислювальної техніки.

У відповідності до цього фахівець у галузі транспортних систем повинен знати: структуру автоматизованих систем управління (АСУ), основні функціональні задачі, способи управління транспортними процесами, принцип дії основних технічних засобів, алгоритми роботи систем.

Вміти: встановити характеристики об'єкту управління, визначити доцільні способи та режими управління і обрати комплекс технічних засобів для їх реалізації, скласти блок-схему алгоритму функціонування системи, організувати її експлуатацію;

Мати уявлення про сучасні тенденції в галузі автоматизації транспортних процесів.

Навчальний план з даної дисципліни передбачає проведення аудиторних лекційних і практичних занять, виконання студентом індивідуального контрольного завдання у формі курсового проекту, а також вимагає від студента самостійної роботи з основною та додатковою літературою, конспектом лекцій, підготовки до виконання практичних занять.

## Тема 1 КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АСУ-ДР

Для побудови АСУ-ДР використовується комплекс технічних засобів (КТЗ), який складається з окремих функціональних пристроїв із взаємоузгодженими характеристиками. До складу комплексу входить периферійне та центральне обладнання АСУ-ДР.

*Периферійне обладнання* розміщується безпосередньо на вулично-дорожній мережі. До його складу входять: дорожні контролери; детектори транспорту; виносні пульти керування, показчики швидкості руху; керовані знаки; табло виклику пішохода; комплекти апаратури пріоритетного пропуску.

*Центральне обладнання* розташовують в центральному управляючому пункті (ЦУП) АСУ-ДР. До його складу входять: пульти контролю та управління, координатори; управляючий обчислювальний комплекс; комплект контрольно-діагностичної апаратури.

*Дорожні контролери (ДК)* призначені для переключення сигналів світлофорів за заданою програмою та поділяються на локальні і системні.

Дорожні контролери локальні (ДКЛ) застосовують для управління рухом транспортних потоків на окремому перехресті. Дорожні контролери системні застосовуються в системах координованого управління.

*Детектори транспорту (ДТ)* призначені для автоматичного вимірювання характеристик транспортних потоків і використовуються для реалізації адаптивного способу управління транспортними потоками.

*Виносний пульт керування (ВПК)* призначений для ручного управління світлофорною сигналізацією на локальному перехресті вулиць через ДКЛ.

*Показчик швидкості руху (ПШР)* призначений для інформування водіїв про рекомендовану швидкість руху на магістральних вулицях із координованим управлінням світлофорною сигналізацією. Інформація до ПШР надходить каналами зв'язку з ЦУП.

*Керований знак* призначений для оперативної організації об'їзного руху на вулично-дорожній мережі міста. Даний пристрій має набір дорожніх знаків, зміна яких може здійснюватися в ручному режимі інспектором ДАІ, або за командою з ЦУП.

*Табло виклику пішохода (ТВП)* призначене для реалізації способу управління, який полягає в тому, що переключення сигналів світлофорів на локальному перехресті або регульованому пішохідному переході відбувається за запитами пішоходів. Даний спосіб регулювання застосовується при інтенсивному русі транспортних потоків та малих за інтенсивністю пішохідних потоків.

*Комплект апаратури пріоритетного пропуску (КАПП)* призначений для організації оперативного пропуску через перехрестя вулиць спеціальних транспортних засобів. Складається він зі стаціонарного комплекту апаратури

(СКА), який розміщується на перехресті вулиць і підключається до ДК, та пересувних комплектів апаратури (ПКА), якими обладнуються спеціальні транспортні засоби.

*Пульт контролю і управління (ПКУ)* є робочим місцем оператора ЦУП.

За допомогою ПКУ оператор контролює функціонування АСУ-ДР та, при необхідності, може втручатися в процес управління. *Координатор* призначений для здійснення жорсткого координованого управління на магістральній вулиці за попередньо розрахованим планом.

*Управляючий обчислювальний комплекс (УОК)* забезпечує прийом інформації, яка надходить до ЦУП від периферійного обладнання, обробляє її та розраховує плани координації, що реалізуються АСУ-ДР нижчого рівня. Використання УОК дає можливість перейти до адаптивного координованого управління транспортними потоками у реальному масштабі часу.

*Комплект контрольно-діагностичної апаратури (КДА)* призначений для налагодження та експлуатації технічних засобів АСУ-ДР. Комплект КДА-П використовується для контролю працездатності периферійного обладнання, а при виникненні відмов – для пошуку несправних блоків в технічних засобах. Комплект КДА-П розміщується у пересувній лабораторії на базі мікроавтобуса. Комплект КДА-УП забезпечує контроль справності обладнання ЦУП, а при виникненні відмов – пошук несправного блоку.

Всі технічні засоби реалізовані з використанням елементів цифрової техніки. Обмін інформацією між ЦУП та периферійним обладнанням відбувається у двійкових кодах по радіальних провідних каналах зв'язку або по каналах радіозв'язку.

### Контрольні запитання

1. Назвіть склад периферійного обладнання АСУ-ДР.
2. Назвіть склад центрального обладнання АСУ-ДР.
3. Яке призначення мають дорожні контролери?

## Тема 2 ДОРОЖНІ КОНТРОЛЕРИ

ДКЛ призначений для управління дорожнім рухом на окремому перехресті. Може працювати в режимах жорсткого програмного управління, адаптивного управління, ручного управління (при підключенні ВПК), у викличному режимі (при підключенні ТВП), у режимі жовтого миготіння.

Основними функціональними блоками ДКЛ є програмно-логічний пристрій (ПЛП) та виконавчий пристрій (ВП) (рис. 1).

ПЛП складається з схеми автозапуску (САЗ), генератора тактових імпульсів (ГТІ), лічильника імпульсів (СТ2), датчика тривалості основних і проміжних тактів; компаратора (К); формувача сигналів включення основних і проміжних тактів (F).

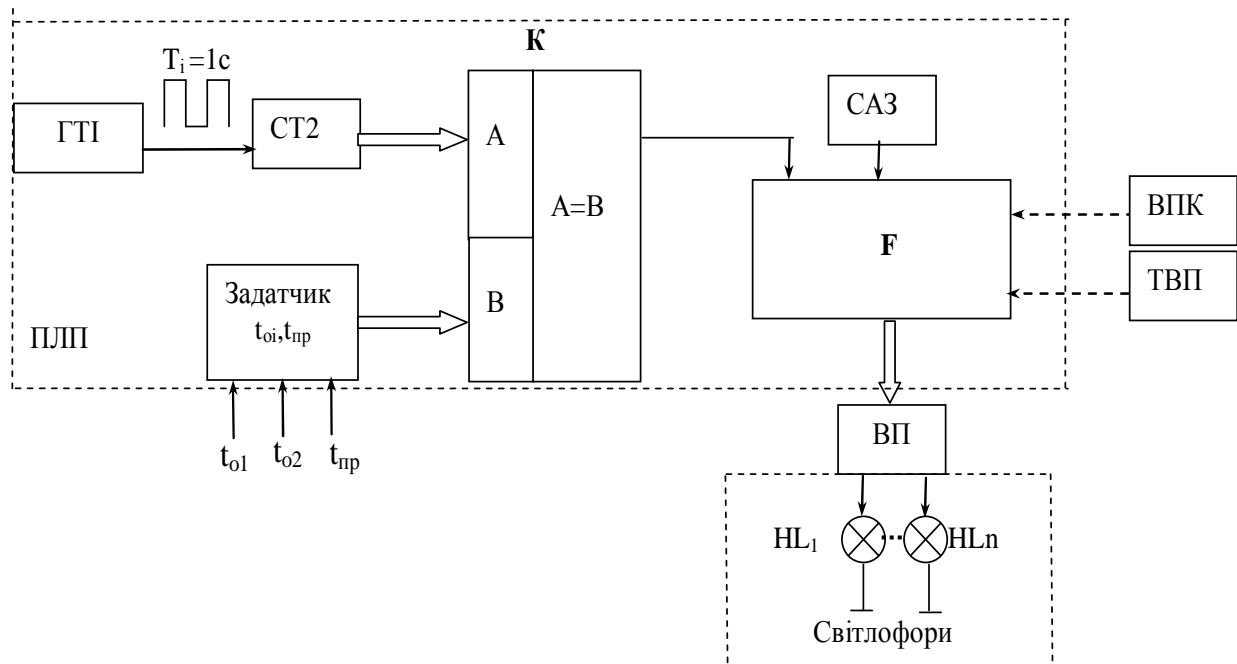


Рисунок 1 – Структурна схема ДКЛ

У початковий момент включення ДКЛ спрацьовує САЗ, яка ініціює через формувач F і виконавчий пристрій ВП включення жовтих сигналів на всіх світлофорах. Далі, після закінчення часу проміжного такту, формувач F починає виробляти сигнали включення основних і проміжних тактів у відповідності з «жорсткою» програмою, параметри якої задаються датчиком тривалості основних і проміжних тактів.

Потрібна тривалість тактів світлофорного циклу забезпечується наступним чином. ГТІ безупинно виробляє послідовність електричних прямокутних імпульсів з періодом слідування 1сек. Лічильник імпульсів СТ2 підраховує кількість імпульсів, що надійшли на його вхід від ГТІ й перетворює кількість зареєстрованих імпульсів у двійковий код. Компаратор порівнює код числа зареєстрованих імпульсів (А) з кодом тривалості діючого такту (В) від датчика. У момент рівності кодів ( $A=B$ ) на виході компаратора з'явиться сигнал, по якому формувач F випрацює сигнали включення потрібної комбінації світлофорних сигналів у наступному такту, а дані на виході лічильника СТ2 буде встановлено на 0. Після цього почнеться відлік тривалості наступного такту.

ДКЛ може мати схему контролю цілісності ниток накаливання ламп червоних сигналів світлофора. При перегорянні нитки накаливання лампи червоного сигналу, схема контролю видає у формувач F сигнал, по якому ДКЛ автоматично перемикається в режим жовтого миготіння або відключається.

ВПК та ТВП – зовнішні пристрої, при підключенні яких до ДКЛ можлива реалізація відповідних способів управління світлофорною сигналізацією.

При адаптивному управлінні тривалості основних тактів можуть змінюватися в межах від мінімально припустимого до максимально припустимого значення, залежно від інтенсивності транспортних потоків. Адаптивне управління найбільш часто здійснюють за методом пошуку розриву в транспортному потоці. Відповідно до цього методу, на всіх підходах до перехрестя перед стоп-лінією розміщують чутливі елементи (ЧЕ) детектора транспорту (ДТ), які контролюють появу на підходах до перехрестя транспортних засобів. Структуру ДКЛ доповнюють блоком місцевого «гнучкого» регулювання (БМГР), до якого надходять сигнали від ДТ (рис. 2).

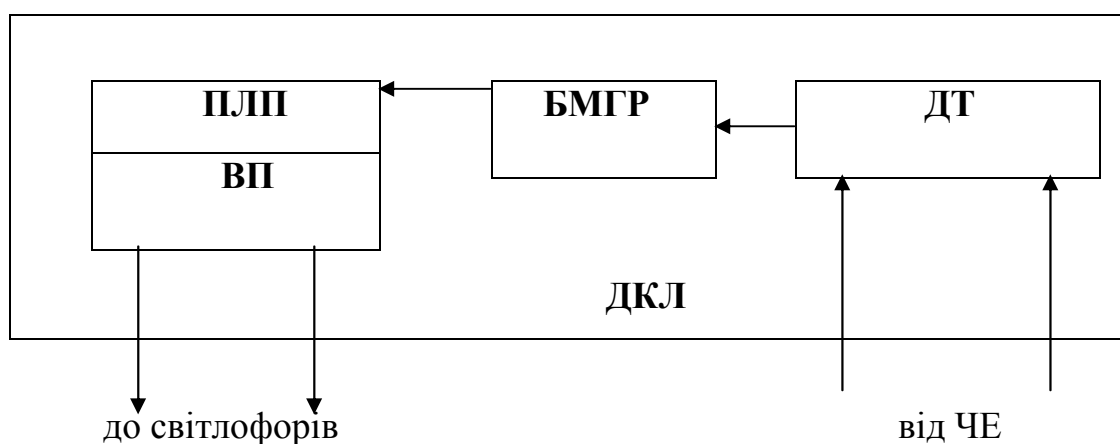


Рисунок 2 – Структурна схема ДКЛ з адаптивним управлінням



БМГР, у свою чергу, за результатами вимірювання характеристик транспортних потоків виробляє сигнали змінення основних тактів світлофорного циклу в межах від мінімально до максимально припустимих значень з дискретністю, яка дорівнює екіпажному часу.

Адаптивне управління забезпечує мінімізацію сумарних затримок транспортних засобів при проїзді перехрестя.

Системні ДК відрізняються від ДКЛ тим, що мають в своїй структурі додатковий блок вибору і синхронізації програм координованого управління.

### Контрольні запитання

1. З яких основних функціональних блоків складається ДКЛ?
2. Які способи управління може виконувати ДКЛ?
3. Чим відрізняється адаптивне управління світлофорною сигналізацією від жорсткого програмного?
4. Яким чином формуються тривалості тактів в ДКЛ?

### Тема 3 ДЕТЕКТОРИ ТРАНСПОРТУ

За принципом дії всі ДТ підрозділяють на контактні та безконтактні (рис. 3). В ДТ контактної дії сигнал присутності транспортного засобу в перетині вулично-дорожньої мережі випрацьовується при безпосередньому механічному контакті чутливого елементу ДТ з колесом або іншим конструктивним елементом транспортного засобу. Недоліками ДТ такого типу є мала швидкість та низька надійність, через що такі ДТ нині не використовуються.

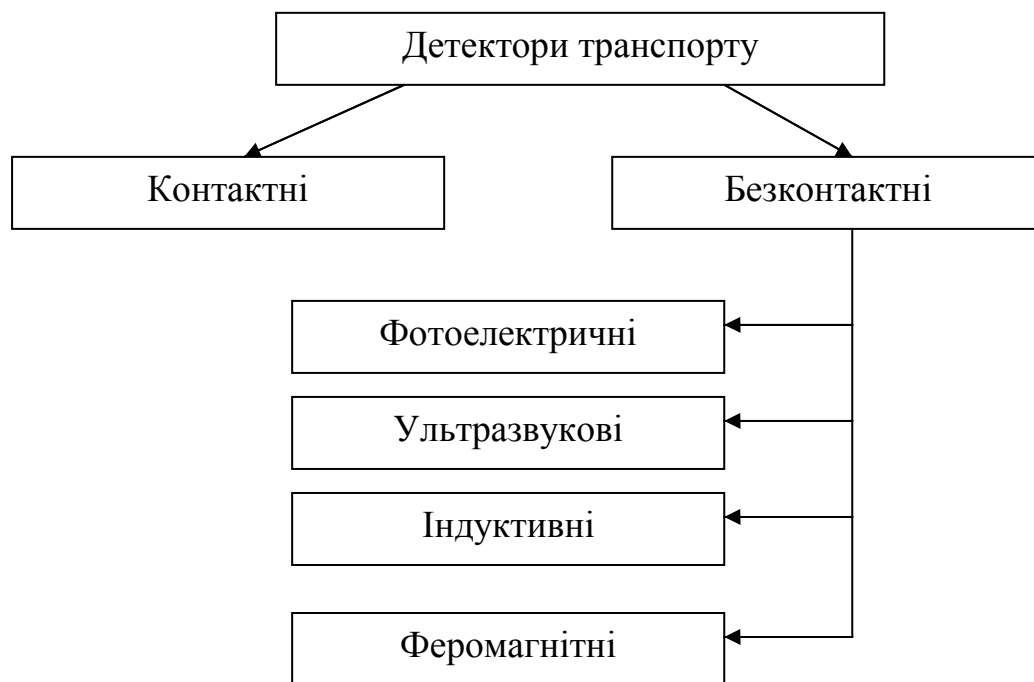


Рисунок 3 – Класифікація детекторів транспорту

У відповідності до застосованого фізичного ефекту ДТ безконтактної дії розподіляють на фотоелектричні, ультразвукові, індуктивні, феромагнітні та інших типів. Серед означених найбільш широке застосування в АСУ-ДР знайшли ДТ індуктивного та феромагнітного типів. ДТ фотоелектричні та ультразвукові через притаманні їм суттєві недоліки поширення не знайшли.

В ДТ індуктивного типу чутливим елементом є індуктивна рамка (ІР), виконана з одного або двох витків мідного дроту та закладена під шляхове покриття на глибину 50-60 мм. ІР є елементом коливального контуру, підключеного до генератора напруги  $G$  змінного струму (рис. 4). При наїзді транспортного засобу на ІР змінюються електричні параметри коливального контуру, що призводить до зміни амплітуди напруги в ньому. Підсилювач-перетворювач  $A$  перетворює зміну амплітуди напруги  $U_1$  в нормалізований сигнал  $U_2$ , який над-

ходить до ДК і підтверджує появу транспортного засобу в контрольованому перетині проїзної частині.

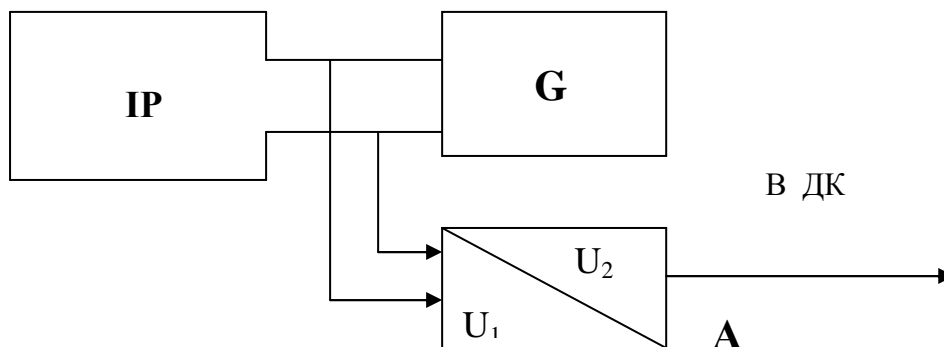


Рисунок 4 – Структурна схема індуктивного ДТ

Для управління транспортними потоками використовують індуктивні ДТ двох типів: прохідні та присутності. Прохідні ДТ в кожному каналі вимірювання мають по дві ІР і на відмінність від ДТ присутності, що мають в кожному каналі по одній ІР, дозволяють визначати напрямок руху транспортних засобів (рис. 5).

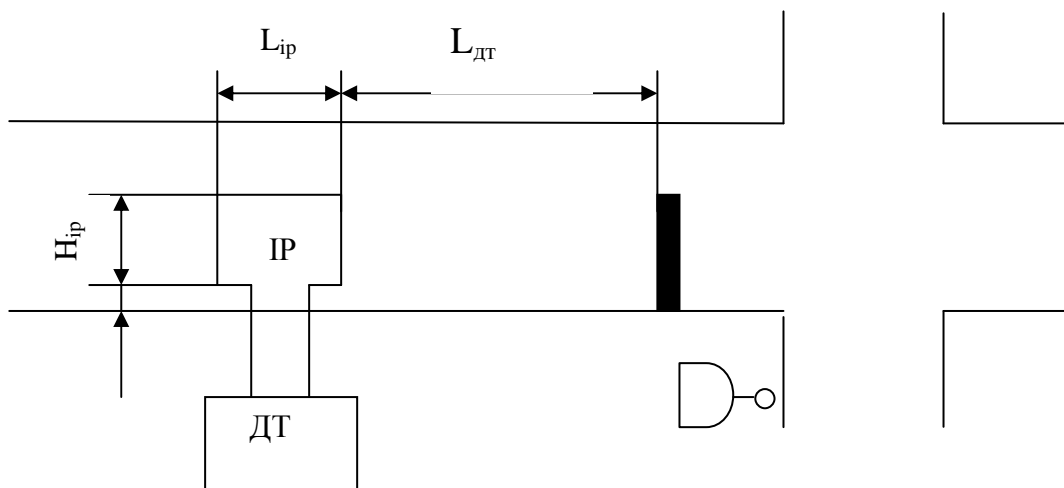


Рисунок 5 – Схема розташування ІР ДТ присутності

При виконанні розрахунку схеми розташування ІР на підходах до перехрестя для ДТ присутності необхідно визначити довжину ІР  $L_{ip}$  та відстань від рамки до стоп-лінії  $L_{\partial m}$ , м:

$$L_{ip} = \tau \cdot \frac{V_m}{3,6} - l_{mз} \quad , \quad (1)$$

де  $\tau = 1$  с – час присутності транспортного засобу в контрольованій зоні;

$V_m$  – середня швидкість транспортного потоку, км/год.;

$l_{mз}$  – габаритна довжина транспортного засобу, що найбільш часто зустрічається у транспортному потоці, м;

$$L_{\partial m} = \frac{V_m \cdot t_{ек}}{3,6} \quad , \quad (2)$$

де  $t_{ек}$  – екіпажний час, с :

$$t_{ек} = t_p + \frac{V_m}{7,2 \cdot b} \quad . \quad (3)$$

де  $b$  – середнє уповільнення транспортного засобу, м/с<sup>2</sup>.

Для ДТ прохідного типу довжину ІР приймають 1...2 м, відстань між сусідніми ІР (мірну базу) для міських вулиць 6 м, а відстань до стоп-лінії визначають за формулою 2.

Ширина рамки  $H_{ip}$  повинна бути такою, щоб за її допомогою можна було контролювати рух транспортних засобів на підході до перехрестя тими смугами руху, якими дозволяється рух в одній фазі. Тобто, ІР може бути розташована на одній, двох або більше сусідніх смугах руху. Відстань від краю бордюру  $h$  та від вісьової лінії, що поділяє зустрічні напрямки руху, до ІР приймають 0,2-0,5 м.

Найбільш суттєвими недоліками ДТ з ІР є великі витрати на монтажні роботи, низька надійність ІР. Тому в останні роки використовують мікропроцесорні ДТ з феромагнітними зондами.

### Контрольні запитання

1. Яке призначення мають ДТ?
2. Надайте класифікацію ДТ?
3. Які переваги мають ДТ безконтактної дії у порівнянні з ДТ контактної дії?
4. Який принцип дії індуктивного ДТ?

## Тема 4 ВИКОНАВЧІ ПРИСТРОЇ АСУ-ДР

### 4.1 Світлофори

Конструктивно світлофор складається з однієї або декількох секцій. Кожна секція має корпус, в якому змонтовані параболічний рефлектор, лінза, арматура сигнальної лампи, електрична лампа, клемні колодки. Корпуси секцій з'єднуються різьбовими втулками, через які проходять електричні провідники (рис. 6). Корпус секцій виконується з листової сталі з наступним фарбуванням у чорний колір, або з чорного полістиролу. В світлофорах використовуються електричні лампи потужністю 100 Вт, з робочою напругою 220 В. Для зменшення «фантомного» ефекту до корпусу кріплять протисонячний козирок.

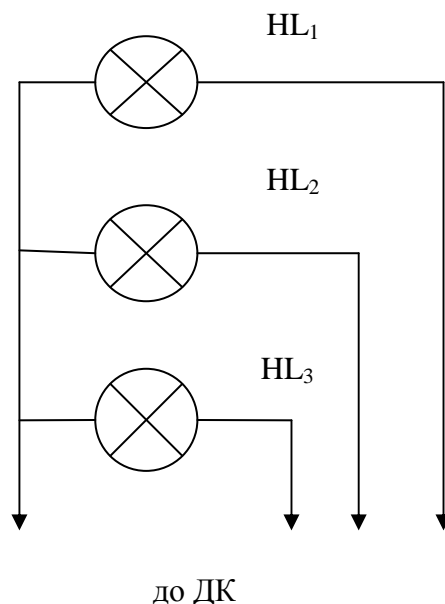


Рисунок 6 – Електрична схема світлофора з трьома секціями

Недоліком світлофорів з електричними лампами накаливання є їх низька надійність. Тому в останні роки все більше застосування знаходять світлофори з світловипромінюючими діодами замість ламп.

Світлофори з лінзами діаметром 200 мм встановлюють на вулицях районного і місцевого значення при дозволеній швидкості руху до 60 км/год. Світлофори з лінзами діаметром 300 мм встановлюють на магістральних вулицях і широких площах міст.

Світлофори позначають цифровим кодом виду Х.Х.Х., де: перша цифра – група (1 – транспортний світлофор, 2 – пішохідний); друга цифра – тип світло-

фора, відповідно до «Правил дорожнього руху»; третя цифра – різновид виконання.

Зелений сигнал на світлофорах типу 1 (рис. 7) дозволяє рух у всіх напрямках. Світлофори 1.1.1 мають діаметр лінз всіх сигналів 200 мм. Світлофор 1.1.2 з лінзою червоного сигналу діаметром 300 мм встановлюється на другорядній вулиці та інформує водія, що він буде виїздити або перетинати магістральну вулицю.

Світлофори типу 2 мають такі самі різновиди виконання, що і типу 1, але призначені для регулювання руху у напрямку, позначеному стрілками на лінзах.

Світлофори типу 3 – це світлофори-повторювачі, які мають лінзи діаметром 100 мм та встановлюються нижче основних світлофорів на висоті 1300–1400 мм від рівня проїзної частини вулиці.

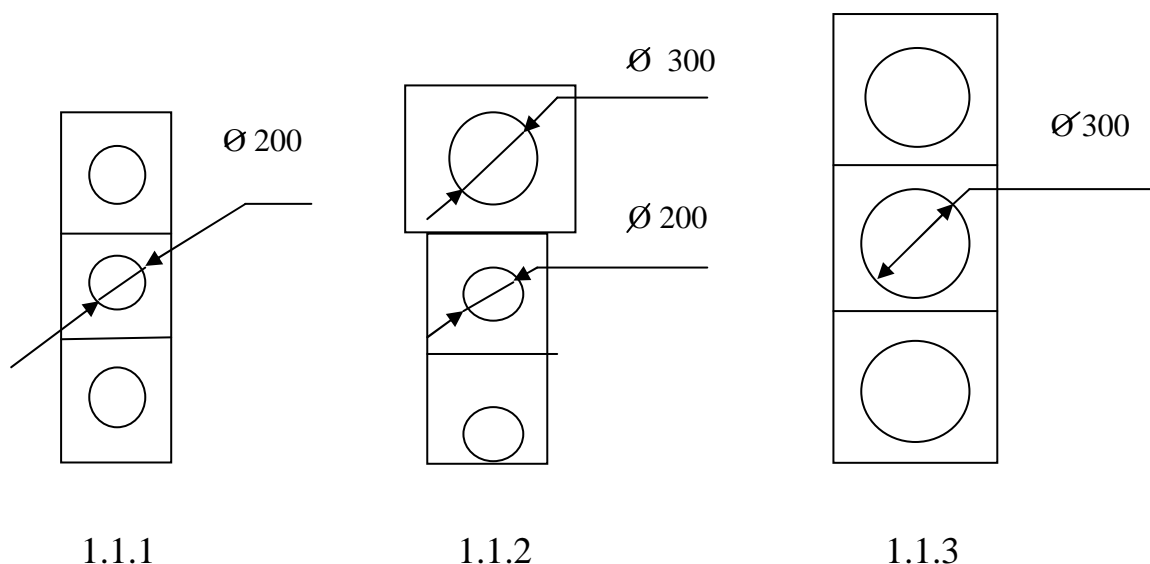
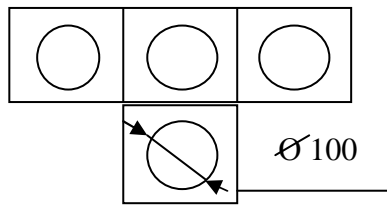


Рисунок 7 – Транспортні світлофори типу 1

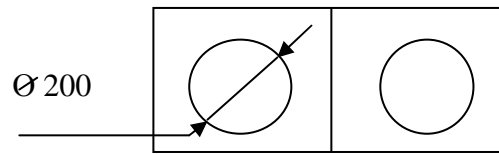
Світлофори типу 4 – це реверсивні світлофори, які встановлюють на ділянках вулиць і доріг для почергового пропуску транспортних потоків зустрічних напрямків руху.

Світлофори типу 5 з лінзами біло-місячного кольору діаметром 100 мм призначені для регулювання руху міського електротранспорту (рис. 8).

Світлофори типу 6 – це світлофори почергового включення червоного сигналу, які встановлюються на залізничних переїздах (рис. 8). Світлофори 1.6.1 мають лінзи діаметром 200 мм, а 1.6.2 – 300 мм.



1.5.1

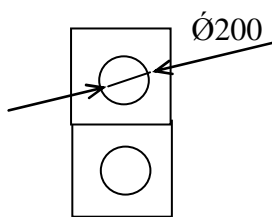


1.6.1

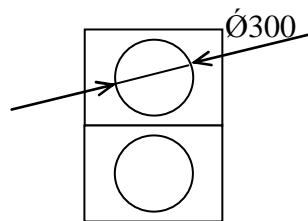
Рисунок 8 – Транспортні світлофори типу 5 та типу 6

Світлофори типу 7 – це світлофори жовтого миготіння, що мають одну або дві секції з лінзами жовтого кольору. Діаметр лінз 200 або 300 мм.

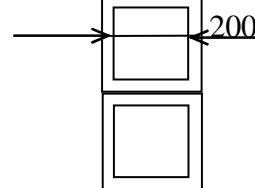
Пішохідні світлофори мають дві секції з лінзами червоного та зеленого кольорів (рис. 9).



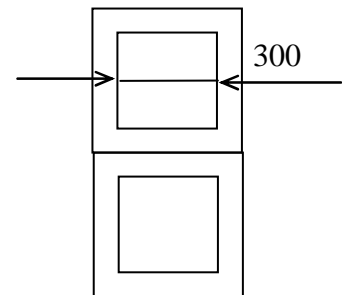
2.1.1



2.1.2



2.2.1



2.2.2

Рисунок 9 – Пішохідні світлофори

При установці додаткових секцій правого й/або лівого поворотів отримують різновиди виконання світлофорів. Дозволяється горизонтальне розташування світлофорів без додаткових секцій.

Світлофори встановлюють на світлофорних колонках, опорах освітлювальної або контактної мережі із правого боку проїзної частини вулиці за напрямком руху транспорту на відстані не більше 2,5 м від краю проїзної частини. Висота установки транспортних світлофорів 2,5–3 м від рівня проїзної частини, а пішохідних світлофорів – 2,0–2,5 м.

Відстань від стоп-лінії до світлофора при його установці на світлофорній колоні або опорі освітлювальної мережі не менше 3м. Зменшити цю відстань до 1 м можна при використанні світлофорів-повторювачів.

При розміщенні світлофорів на трасах-розтяжках над проїзною частиною, висота підвісу 5–6 м, а відстань від світлофора до стоп-лінії не менше 10 м.

Пішохідні світлофори встановлюють з правого боку на відстані не більше 1 м від границі пішохідного переходу за напрямком руху пішоходів.

При двох і більше смугах руху в кожному напрямку встановлюються дублюючі світлофори, які розміщують на розділовій смузі або острові безпеки. При їхній відсутності дозволяється установка дублюючих світлофорів з лівого боку проїзної частини.

#### 4.2 Керований знак

В корпусі керованого знаку змонтовано сім змінних дорожніх знаків (рис. 10).

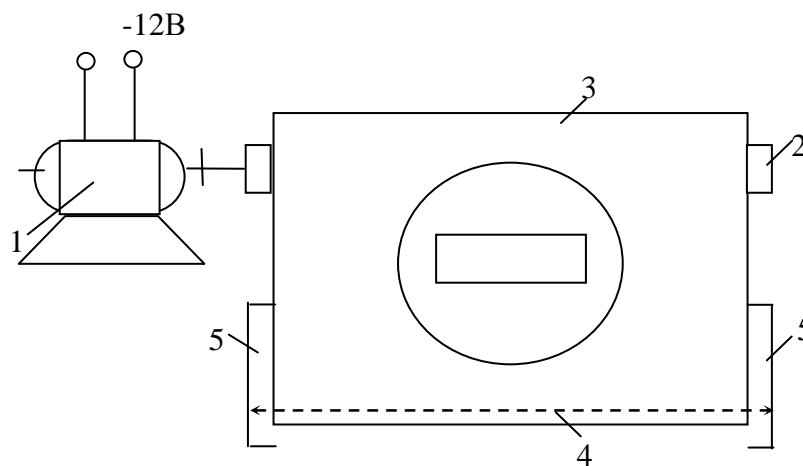


Рисунок 10 – Схема устрою керованого знаку

Зміна знаків відбувається за допомогою електродвигуна 1, який з'єднаний з барабаном 2. При обертанні барабану 2 дорожній знак 3, нанесений фарбою на тканину, розгортається або згортається в залежності від напрямку обертання барабану. Для рівномірного розгортання (згортання) тканини до її нижнього краю прикріплена металева штанга 4, яка переміщується у направляючих полозах 5.

Зміна знаків може відбуватися в ручному режимі, або по командах з ЦУП. Повний час зміни всіх знаків не більше 20 с.

#### Контрольні запитання

1. Назвіть основні виконавчі пристрої АСУ-ДР.
2. На яких вулицях встановлюють світлофори з діаметром лінзи 300 мм?
3. Яке призначення керованого знаку?



## Тема 5 МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ

Основною метою впровадження автоматизованих систем управління дорожнім рухом (АСУ-ДР) є підвищення ефективності функціонування вулично-дорожньої мережі міста. Досягнення цієї мети потребує вирішення цілого комплексу технологічних, технічних та організаційних задач, пов'язаних з проектуванням, будівництвом та організацією експлуатації АСУ-ДР.

Технологічним об'єктом управління в АСУ-ДР є вулично-дорожня мережа та транспортні і пішохідні потоки на ній, а також інструкції, за якими здійснюються організація та управління дорожнім рухом. Управління дорожнім рухом – це методи й прийоми зміни параметрів транспортних потоків у часі.

Основним засобом управління дорожнім рухом є *світлофорна сигналізація*, яка призначена для почергового пропуску учасників дорожнього руху через певну ділянку вулично-дорожньої мережі, а також для позначення небезпечних ділянок вулиць (доріг).

Структура сучасних АСУ-ДР будується по ієрархічному принципу обробки інформації. Цей принцип передбачає при виборі загальної організації системи управління виділення декількох взаємно підпорядкованих рівнів управління: локальний, зональний, районний, загальноміський.

*Локальне управління* передбачає мінімізацію показників ефективності функціонування транспорту на одному перехресті із урахуванням обмежень, які надходять з верхніх рівнів управління. На цьому рівні визначається затримка кожного автомобіля та загальна затримка по кожному напрямку руху. Окрім цього, на даному рівні можливе прийняття рішення по керуванню кожним окремим транспортним засобом, що наближується до перехрестя.

*Зональне управління* включає в себе формування керуючих впливів для зони, що складається з декількох взаємопов'язаних перехресть. Це може бути магістраль або невелика мережа вулиць (мікрорайон) з перегонами відносно невеликої протяжності. На цьому рівні здійснюється корекція базового плану координованого управління, який надходить з верхнього рівня управління, з мінімізацією показника ефективності управління.

*Районне управління* передбачає єдине координоване управління в декількох сусідніх зонах. Об'єднання зон у район може бути непостійним. В період стабільних параметрів дорожнього руху в районі діє єдиний план координації, сформований за критерієм мінімізації сукупних затримок і кількості зупинок транспортних засобів.

На *загальноміському рівні управління* виконується розрахунок базових планів координації, вирішуються задачі маршрутизації транспортних потоків, попередження та ліквідація заторів, виконуються спеціальні задачі по пріоритетному пропуску окремих транспортних засобів, контролюються показники яко-

сті та ефективності управління, справність технічних і програмних засобів АСУ-ДР.

Кожному рівню управління відповідає свій набір можливих структур систем управління, причому кожний нижній рівень є складовою частиною верхнього (рис. 11). В загальноприйнятій класифікації структур АСУ-ДР виділяють в залежності від призначення системи трьох рівнів та в залежності від способів управління світлофорною сигналізацією системи трьох типів:

- АСУ-ДР 1 – це системи першого (локального) рівня, призначені для застосування на окремому перехресті. Підрозділяються на АСУ-ДР 1–1 – системи жорсткого програмного управління без диспетчерського втручання; АСУ-ДР 1–2 – системи жорсткого програмного управління з можливістю оперативного втручання людини (оператора або інспектора ДАІ), що належить до верхнього рівня; АСУ-ДР 1–3 – системи адаптивного управління з можливою участю оператора;

- АСУ-ДР 2 – це системи другого (зонального або невеликого району) рівня. Аналогічно системам першого рівня, підрозділяються на АСУ-ДР 2–1; АСУ-ДР 2–2; АСУ-ДР 2–3;

- АСУ-ДР 3 – це системи третього рівня управління в великому районі або загальноміського рівня. Системи третього рівня не підрозділяють за типами, так як вони в обов'язковому порядку можуть реалізовувати всі вказані способи управління.

У зв'язку з постійним розвитком теорії та вдосконаленням технічних засобів управління транспортними потоками можливі зміни у класифікації АСУ-ДР.

Світлофорна сигналізація забезпечує роз'їзд транспортних засобів на перехресті вулиць шляхом по чергового надання права руху конфліктуючим транспортним потокам.

Повна зміна всіх сигналів світлофорів зветься *світлофорним циклом*. Світлофорний цикл складається з тактів і фаз. Розрізняють такти основні та проміжні. *Основним тактом* називають проміжок часу, протягом якого в одному напрямку включений сигнал «зелений», а в конфліктуючому напрямку – «червоний». Під час дії «зеленого» сигналу рух дозволений.

*Проміжним тактом* називається відрізок часу, протягом якого на світлофорах включений «жовтий» сигнал, або сполучення «жовтий-червоний». Проміжний такт призначений для того, щоб транспортні засоби, які в момент включення зеленого сигналу вже перетнули стоп-лінію, могли безперешкодно завершити проїзд перехрестя, а транспортні засоби, які перебувають перед стоп-лінією могли встигнути зупинитися до стоп-лінії.

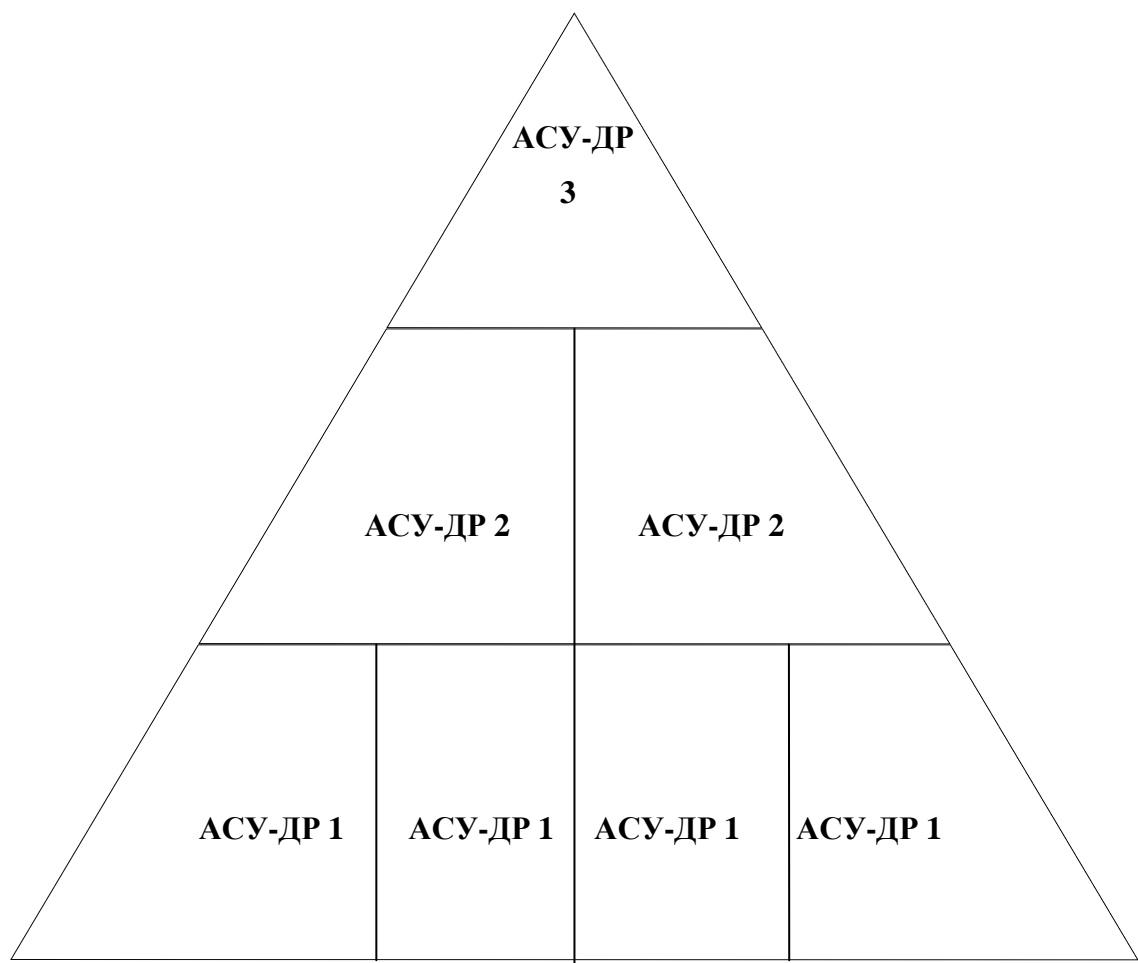


Рисунок 11 – Схема рівнів управління АСУ-ДР

*Фазою* називають послідовність основного такту й наступного за ним проміжного. Мінімальне число фаз регулювання у світлофорному циклі дорівнює двом фазам. Таким чином, у загальному вигляді можна записати:

$$T_{\text{ц}} = \Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_i = t_{o1} + t_{o2} + t_{np2} + \dots + t_{oi} + t_{npi}, \quad (4)$$

де  $\Phi_1$  – тривалість фази;

$t_{oi}$  – тривалість основного такту;

$t_{npi}$  – тривалість проміжного такту.

Припустимі параметри світлофорного циклу, сек.:

- мінімальна тривалість основного такту – 6;
- мінімальна тривалість проміжного такту – 3;

- максимальна тривалість проміжного такту – 6;
- мінімальна тривалість циклу – 20;
- максимальна тривалість – 120.

Структура світлофорного циклу, якого застосовано для регулювання дорожнього руху на світлофорному об'єкті (рис. 12), може бути представлена графічно у вигляді *діаграми світлофорного циклу* (рис. 13).

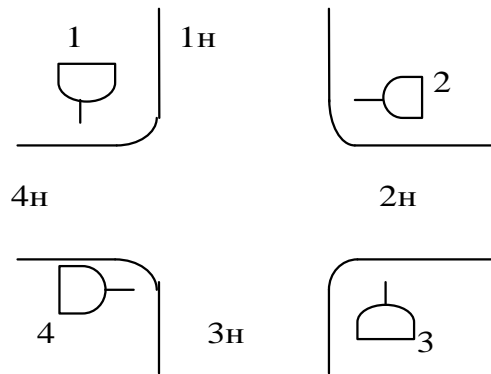


Рисунок 12 – Схема світлофорного об'єкту

Із збільшенням кількості фаз регулювання в світлофорному циклі зменшується кількість конфліктних крапок між конфліктуючими транспортними потоками на перехресті, що сприяє підвищенню рівня безпеки руху, але при цьому різко зростають затримки транспортних засобів. Тому найбільш часто застосовують двох- та трьохфазні світлофорні цикли.

Сучасні технічні засоби АСУ-ДР дозволяють реалізувати наступні основні способи управління світлофорною сигналізацією:

- *ручне управління* – здійснюється інспектором ДАІ в окремих випадках на локальному перехресті (затор, дорожньо-транспортна пригода та ін.);
- *однопрограмне жорстке управління* – здійснюється дорожнім контролером, що працює в автоматичному режимі та виконує безперервне повторення світлофорного циклу з незмінною структурою;
- *багатопрограмне жорстке управління* – здійснюється дорожнім контролером, в якій закладено дві або три програми жорсткого управління, розрахованих на різні періоди доби. Зміна програм може здійснюватися в ручному режимі особою, яка є відповідальною за роботу системи, або автоматично у заданий час;
- *пріоритетний пропуск* транспортних засобів через перехрестя вулиць, в разі обладнання їх спеціальним комплектом апаратури;
- *включення «зелених вулиць»* – оперативна організація маршрутів.

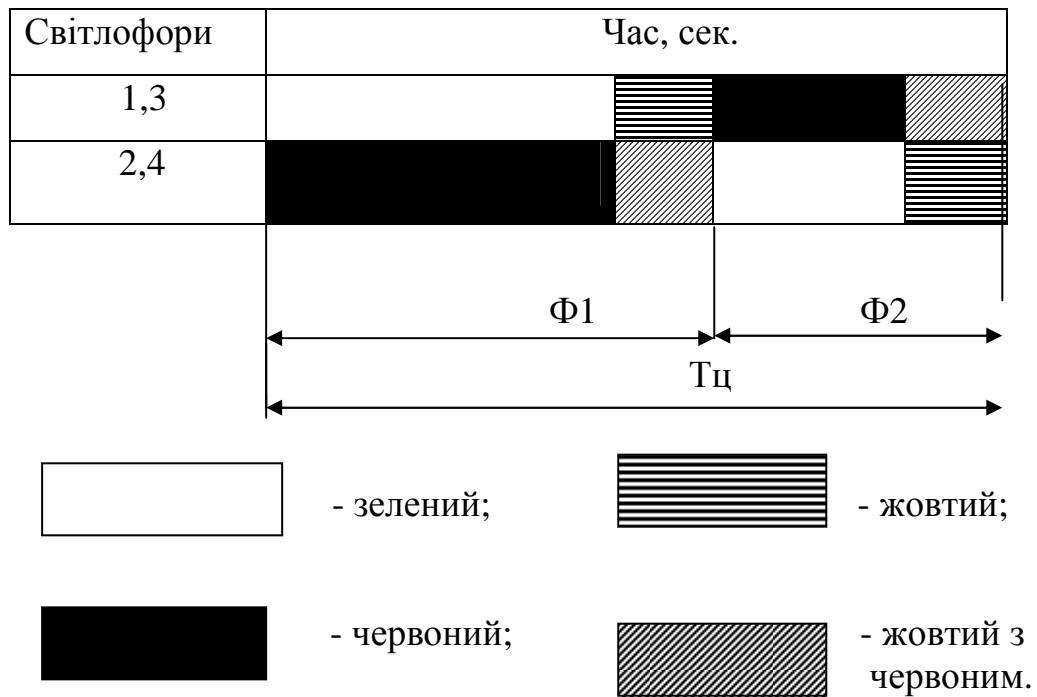


Рисунок 13 – Діаграма 2-х фазного світлофорного циклу

– *адаптивне (гнучке) управління* на локальному перехресті – здійснюється дорожнім контролером, до якого підключені детектори транспорту, що вимірюють параметри транспортних потоків на підходах до перехрестя. Тривалість основних тактів світлофорного циклу при цьому способі є змінною і залежить від параметрів транспортних потоків;

– *координоване управління* – здійснюється групою системних дорожніх контролерів, об'єднаних в АСУ-ДР магістрального або загальноміського рівнів. В залежності від технічної складності системи можливе «жорстке» та адаптивне координовані управління;

– *диспетчерське управління* – здійснюється оператором управляючого пункту АСУ-ДР в окремих випадках (заторова ситуація, дорожньо-транспортна пригода, технічна несправність окремих пристроїв системи та ін.).

#### Контрольні запитання

1. Що є об'єктом управління в АСУ-ДР?
2. Які рівні управління дорожнім рухом виділяють в АСУ-ДР?
3. Які критерії ефективності управління дорожнім рухом можуть бути застосовані в АСУ-ДР?
4. З яких структурних елементів складається світлофорний цикл?
5. Які способи управління світлофорною сигналізацією застосовуються на локальному рівні управління?

## Тема 6 РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ ЖОРСТКОГО ПРОГРАМНОГО УПРАВЛІННЯ

### 6.1 Підготовка вихідних даних

Вихідними даними для виконання розрахунків режимів функціонування АСУ-ДР є відомості про архітектурно-планувальні параметри вулично-дорожньої мережі міста, характеристики транспортних і пішохідних потоків, проектні дані транспортних споруджень, технічні характеристики транспортних засобів, обмеження, що встановлені чинною нормативною документацією та ін. Задачею цього етапу є формування відповідних масивів даних.

Вибір параметрів транспортних потоків, що характеризують стан об'єкту управління, обумовлений насамперед можливістю їхнього виміру. Найбільш часто для безпосереднього виміру обирають характеристики макроструктури транспортних потоків – інтенсивність та швидкість руху, які дають достатньо адекватне уявлення про режими руху транспортних потоків та дозволяють об'єктивно обирати способи управління.

Недоліком їх застосування є відносно слабкий кореляційний зв'язок з показниками ефективності управління, наприклад, такими як часом затримок, кількістю зупинок транспортних засобів на перехрестях та ін.

*Інтенсивність транспортного потоку* – це кількість транспортних засобів, що проїжджають через перетин вулично-дорожньої мережі за одиницю часу. Розрізняють інтенсивність руху, виражену у фізичних транспортних засобах і в приведених одиницях (ПО). Для того, щоб врахувати наявність у транспортному потоці транспортних засобів різних типів, використовують коефіцієнти приведення, а інтенсивність руху виражають у приведених одиницях за годину, де приведеною одиницею вважається легковий автомобіль.

*Коефіцієнт приведення  $i$ -го виду транспорту:*

$$K_i = \frac{S_i}{S_{ла}}, \quad (5)$$

де  $S_i$ ,  $S_{ла}$  – динамічний габарит, відповідно,  $i$ -го виду транспорту та легкового автомобіля.

*Динамічний габарит* – це відрізок смуги руху, яку займає транспортний засіб під час руху. Динамічний габарит складається з наступних значень, м:

$$S = l_1 + l_2 + l_3 + l_{mз}, \quad (6)$$

де  $l_1$  – шлях, що пройшов транспортний засіб за час затримки реакції водія;  $l_2$  – шлях, що пройшов транспортний засіб за час реакції водія й спрацювання гальмівного приводу;  $l_3$  – гальмівний шлях;  $l_{mз}$  – габаритна довжина транспортного засобу.

Для практичних розрахунків приймають наступні значення коефіцієнтів приведення: легкового автомобіля – 1; вантажного автомобіля – 2; автобус, тролейбус, трамвай – 3; зчленований трамвай – 6.

Інтенсивність руху  $i$ -го транспортного потоку визначають за формулою, ПО/год.:

$$I_i = \frac{\sum N_{npi}}{T}, \quad (7)$$

де  $N_{npi}$  – приведена кількість транспортних засобів  $i$ -го потоку, що перетнула стоп-лінію за період спостереження  $T$ .

Приведення транспортних засобів виконують по кожному виду окремо за формулою:

$$N_{np} = N \cdot K. \quad (8)$$

Приклад 6.1. Визначити приведену інтенсивність руху транспортного потоку на підході до перехрестя за результатами обстеження, якщо за період спостереження  $T=8$  годин стоп-лінію перетнуло: легкових автомобілів  $N_{л.а.}=1724$ ; вантажних автомобілів  $N_{в.а.}=417$ ; автобусів  $N_{аб.}=83$ ; тролейбусів  $N_{тб.}=64$ .

Рішення. За формулами 7 і 8 визначаємо:

$$I = \frac{1724 \cdot 1 + 417 \cdot 2 + 83 \cdot 3 + 64 \cdot 3}{8} = 375 \text{ ПО/год.}$$

Вимірювання характеристик транспортних потоків виконують як з проведенням натурних спостережень, так і шляхом застосування автоматичних технічних засобів – детекторів транспорту. Недоліками першого способу є його велика трудомісткість та отримання кінцевих даних з великою затримкою. Другий спосіб потребує великих витрат на його технічну реалізацію, але дозволяє здійснювати автоматичне управління транспортними потоками у реальному масштабі часу.

За результатами обстеження світлофорного об'єкту визначають доцільність запровадження на ньому світлофорної сигналізації для регулювання дорожнього руху. Вважається, що запровадження світлофорної сигналізації є доцільним, якщо виконується будь-яка з регламентованих умов.

Умова 1: задана у вигляді сполучень критичних інтенсивностей транспортних потоків по головній та другорядній дорогах (табл. 1). Світлофорне регулювання вводять, якщо інтенсивності конфліктуючих транспортних потоків на

перехресті не менше заданого в таблиці 1. сполучення. Головною дорогою при цьому вважають більше завантажену.

Таблиця 1 – Сполучення критичних інтенсивностей руху

Число смуг руху в одному напрямку		Інтенсивність руху, ПО/год.	
головна дорога	другорядна дорога	по головній дорозі в обох напрямках	по другорядній дорозі в одному найбільш завантаженому напрямку
1	1	750	75
		670	100
		580	125
		500	150
		410	175
		380	190
2 або більше	1	900	75
		800	100
		700	125
		600	150
		500	175
		400	200
2 або більше	2 або більше	900	100
		825	125
		750	150
		670	175
		600	200
		525	225
		480	240

Умова 2: задана сполученням критичних інтенсивностей транспортних і пішохідних потоків. Введення світлофорної сигналізації вважається доцільним, якщо в плинні кожного з будь-яких восьми годин, включаючи час «пік» звичайного робочого дня, по дорозі рухається не менше 600 ПО/год. у двох напрямках, а для доріг з роздільною смугою не менше 1000 ПО/год., і в той же час цю вулицю переходять в одному найбільш завантаженому напрямку не менше 150 пішоходів/год.

Умова 3: полягає в тім, що світлофорну сигналізацію вводять, коли умови 1 і 2 повністю не виконуються, але обидві виконуються не менше, ніж на 80%.



Умова 4: задана числом дорожньо-транспортних пригод. Введення світлофорної сигналізації вважається доцільним, якщо за останні 12 місяців на перехресті відбулося не менше трьох ДТП, які могли бути відвернені при наявності світлофорної сигналізації, і хоча б одна з умов 1 або 2 виконується не менш, ніж на 80%.

Якщо вказані умови не виконуються, але фактична інтенсивність конфліктуючих транспортних потоків сягає не менше 50 % від критичних сполучень у таблиці 1, то можливе застосування світлофорної сигналізації у режимі жовтого миготіння.

*Пофазний роз'їзд* транспортних засобів є найпростішим та найбільш поширеним способом організації руху на перехресті при запровадженні світлофорної сигналізації. Правила організації пофазного роз'їзду:

1) необхідно прагнути до мінімального числа фаз регулювання при дотриманні вимог безпеки руху;

2) допускається сполучати в одній фазі:

а) лівоповоротний потік з інтенсивністю менше 120 ПО/год. із прямим потоком зустрічного напрямку руху;

б) правоповоротний потік з інтенсивністю менше 120 ПО/год. з пішохідним потоком, якщо інтенсивність пішохідного потоку менше 900 пішоходів/год.;

3) інтенсивність руху по одній смузі не повинна перевищувати 600–700 ПО/год.

При запровадженні на перехресті вулиць світлофорного циклу з кількістю фаз регулювання більше двох необхідно мати на увазі, що кількість смуг руху в кожному напрямку руху повинна відповідати кількості фаз регулювання, за які здійснюється роз'їзд транспортних засобів з цих напрямків.

## 6.2 Визначення потоків насичення

*Потік насичення* – це гранична кількість транспортних засобів, що може проїхати у певному напрямку руху через перехрестя вулиць при роз'їзді на дозволяючий сигнал світлофора нескінченно довгої черги транспортних засобів. Так як нескінченно довгих черг не існує, то величина потоку насичення може бути визначена лише орієнтовно шляхом експериментальних спостережень або розрахована аналітично.

Величина потоків насичення визначається окремо для кожної смуги руху ПО/год.: а) при прямому русі транспортних засобів:

$$I_n^{прям} = 525 \cdot B_{н.ч.}, \quad (9)$$

де  $B_{н.ч.}$  – ширина проїзної частини (смуги руху), м;

б) якщо в загальному транспортному потоці частина транспортних засобів рухається прямо, праворуч і/або ліворуч, то потік насичення в цьому випадку складе:

$$I_n^{заг} = I_n^{прямо} \cdot \frac{100}{a+1,75b+1,25c}, \quad (10)$$

де  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – частка транспортних засобів, які рухаються, відповідно, в прямому, право- та лівоповоротному напрямках, %;

в) якщо всі транспортні засоби по смузі руху роблять поворотний рух, то:

$$I_n^{пов} = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{R}}, \quad (11)$$

де  $R$  – радіус повороту, м;

г) якщо всі транспортні засоби роблять дворядний поворотний рух, то:

$$I_n^{дв.повор.} = \frac{3000}{1 + \frac{1,525}{R_{cp}}}, \quad (12)$$

$$R_{cp} = \frac{R_{нов1} + R_{нов2}}{2}, \quad (13)$$

де  $R_{нов1}$ ;  $R_{нов2}$  – радіус повороту, відповідно, першого та другого ряду;

$R_{cp}$  – середній радіус, м;

д) якщо транспортні засоби рухаються на підйом, то величина  $I_n$  зменшується на 3 % на кожний відсоток ухилу:

$$I_n^{ухил} = I_n (1 - 0,03i), \quad (14)$$

де  $i$  – ухил, %.

Отримані значення потоків насичення коригують залежно від умов руху на перехресті по кожному напрямку руху:

$$I_n^* = I_n \cdot K_{ур}, \quad (15)$$

де  $I_n^*$  – відкориговане значення потоку насичення;

$K_{ур}$  – коефіцієнт умов руху.

При «добрих» умовах руху  $K_{ур}=1,2$ ; «середніх» –  $K_{ур}=1,0$ ; «незадовільних» –  $K_{ур}=0,85$ .

### 6.3 Розрахунок фазових коефіцієнтів

Фазовим коефіцієнтом  $y_{ij}$  називається відношення фактичної інтенсивності руху в  $i$ -тій фазі регулювання по  $j$ -тій смузі руху до потоку насичення цієї смуги руху:

$$y_{ij} = \frac{I_{ij}}{I_{nij}^*}, \quad (16)$$

У якості остаточного розрахункового значення приймають одне найбільше значення із всіх фазових коефіцієнтів, отриманих для кожної фази.

Приклад 6.2. Визначити розрахункові фазові коефіцієнти для перехрестя вулиць, схема якого наведена на рис. 14. Інтенсивності руху транспортних потоків, ПО/год.:  $I_1=210$ ;  $I_2=154$ ;  $I_3=147$ ;  $I_4=415$ ;  $I_5=383$ ;  $I_6=168$ . Ширина проїзної частини вул. А дорівнює 6 м, вул. В – 14 м, радіус заокруглення бордюру  $R=15$ м. Умови руху по вул. А – «середні», по вул. В – «добрі».

Рішення. Так як інтенсивність потоку  $I_6$  перевищує 120 ПО/год., то організуємо роз'їзд транспортних засобів на перехресті у три фази:  $\Phi_1$ :  $I_3$ ;  $I_4$ ;  $I_5$ ;  $\Phi_2$ :  $I_6$ ;  $\Phi_3$ :  $I_1$ ;  $I_2$ . Визначаємо величину потоків насичення, ПО/год.:

а) у першій фазі регулювання за формулами 11 та 9:

$$I_{н1-3}^{право} = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{R}} = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{15+1,75}} = 1650;$$

$$I_{н1-4}^{прямо} = 525 \cdot 3,5 = 1838;$$

$$I_{н1-5}^{прямо} = 525 \cdot 3,5 = 1838.$$

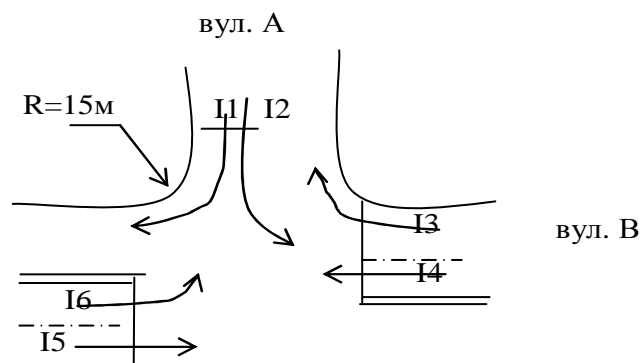


Рисунок 14 – Схема перехрестя вулиць

б) у другій фазі регулювання за формулою 11:

$$I_{н2-6}^{ліво} = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{R}} = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{15+7+1,75}} = 1692;$$

в) у третій фазі регулювання за формулою 9:

$$I_{н3-1,2}^{прямо} = 525 \cdot 3 = 1575;$$

Коефіцієнти:  $a=0$ ;  $b=100$   $I_1/(I_1 + I_2) = 57,7\%$ ;  $c = 100 - 57,7 = 32,3\%$ ;  
тоді за формулою 10 :

$$I_{н3-1,2}^{заг} = 1575 \cdot \frac{100}{1,75 \cdot 57,7 + 1,25 \cdot 32,3} = 1114.$$

Проводимо коригування величини потоків насичення у відповідності до умов руху за формулою 15:

$$I_{н1-3}^* = 1650 \cdot 1,2 = 1980;$$

$$I_{н1-4}^* = 1838 \cdot 1,2 = 2206;$$

$$I_{н1-5}^* = 1838 \cdot 1,2 = 2206;$$

$$I_{н2-6}^* = 1692 \cdot 1,2 = 2030;$$

$$I_{н3-1,2}^* = 1114 \cdot 1,0 = 1114.$$

Розраховуємо фазові коефіцієнти за формулою 16:

$$y_{1-3} = \frac{I_{1-3}}{I_{н1-3}^*} = \frac{147}{1980} = 0,074;$$

$$y_{1-4} = \frac{I_{1-4}}{I_{н1-4}^*} = \frac{415}{2206} = 0,188;$$

$$y_{1-5} = \frac{I_{1-5}}{I_{н1-5}^*} = \frac{383}{2206} = 0,174;$$

$$y_{2-6} = \frac{I_{2-6}}{I_{н2-6}^*} = \frac{168}{2030} = 0,083;$$

$$y_{3-1,2} = \frac{I_{3-1} + I_{3-2}}{I_{н3-1,2}^*} = \frac{210+154}{1114} = 0,327.$$

Остаточню, обираємо розрахункові фазові коефіцієнти для кожної фази:

$$y_1 = 0,188; \quad y_2 = 0,083; \quad y_3 = 0,327.$$

#### 6.4 Розрахунок тривалості проміжного такту

Тривалість проміжного такту розраховують окремо для пішоходів та транспортних засобів. В якості остаточного значення приймають одне найбільше з усіх отриманих значень.

При одnobічному русі транспортних засобів по вулиці за час проміжного такту пішохід, який вийшов на проїжджу частину, повинен встигнути повернутися назад на тротуар, з якого він почав перехід вулиці, або завершити перехід.

При двобічному русі по вулиці за час проміжного такту пішохід повинен встигнути повернутися назад або дійти до середини проїжджої частини та завершити перехід вулиці в наступному світлофорному циклі. Таким чином:

$$t_{np}^n = \frac{Bn.ч.}{2 \cdot n \cdot v_n}, \text{ с;} \quad (17)$$

де  $n$  – кількість напрямків руху по вулиці;  $v_n$  – середня швидкість руху пішоходів, м/с.

Для розрахунків приймають  $v_n = 1,1\text{--}1,3$  м/с. Час проміжного такту розраховують окремо для кожного пішохідного переходу.

Тривалість проміжного такту для транспортних засобів визначають окремо для кожної смуги руху в кожній фазі регулювання, с:

$$t_{np}^m = \frac{V_m}{2 \cdot b} + \frac{l_{\text{дкм}} + l_{\text{мз}}}{V_m}, \quad (18)$$

де  $V_m$  – середня швидкість руху потоку транспортних засобів, м/с;  $b$  – середнє уповільнення транспортних засобів, м/с<sup>2</sup>;  $l_{\text{дкм}}$  – відстань до найбільш далекої конфліктної крапки, м;  $l_{\text{мз}}$  – габаритна довжина транспортного засобу, що найбільше часто зустрічається в транспортному потоці, м.

Відстань до найбільш далекої конфліктної крапки визначають між транспортними потоками, що рухаються в даній фазі регулювання, та конфліктуючими транспортними потоками, що отримують право руху в наступній фазі.

Якщо в транспортному потоці більше 70% транспортних засобів це легкові автомобілі, то такий потік вважається потоком легкових автомобілів. Якщо в транспортному потоці більше 70% транспортних засобів, які є вантажними автомобілями, то такий потік вважається потоком вантажних автомобілів. В усіх інших випадках, транспортний потік вважається змішаним.

#### 6.5 Розрахунок тривалості світлофорного циклу

В умовах міста прибуття транспортних засобів до перехрестя є випадковим. Для визначення тривалості світлофорного циклу  $T_{\text{ц}}$  при випадковому прибутті транспортних засобів використовують емпіричну формулу Вебстера:

$$T_{\text{ц}} = \frac{1,5 \cdot T_{\text{np}} + 5}{1 - Y}, \quad (19)$$

де  $T_{\text{np}}$  – сумарний час проміжних тактів у світлофорному циклі, с;  $Y$  – сумарний фазовий коефіцієнт, які розраховують за формулами:

$$T_{\text{np}} = \sum_{i=1}^k t_{\text{np}i}; \quad (20)$$

$$Y = \sum_{i=1}^k y_i, \quad (21)$$

де  $k$  – кількість фаз регулювання у світлофорному циклі.

Дана формула дає оптимальне значення тривалості циклу за критерієм мінімуму сумарних затримок транспортних засобів, що прибувають до перехрестя з усіх напрямків.

Тривалість основних тактів, с:

$$t_{oi} = (T_{\text{ц}} - T_{\text{np}}) \cdot \frac{y_i}{Y}, \text{ с}. \quad (22)$$

Після цього необхідно зробити перевірку тривалості основних тактів на забезпечення переходу пішоходів через вулиці та при наявності трамвайного руху на забезпечення пропуску трамваїв через перехрестя.

За час основного такту пішохід повинен встигнути перейти всю проїзну частину вулиці. Тому:

$$t_{oi}^n = \frac{L_n}{v_n} + 5, \quad (23)$$

де  $L_n$  – довжина пішохідного переходу, м.

Якщо  $t_{oi}$  менше отриманого значення за формулою 23, то це означає, що пішоходи не встигають завершити перехід вулиці за  $t_{oi}$  і його необхідно збільшити до потрібного значення:  $t_{oi} = t_{oi}^n$ . Після цього коригують тривалість циклу  $T_{\text{ц}}$ . Допускається, щоб відкориговане значення  $T_{\text{ц}}^*$  відхилялося від визначеного за формулою Вебстера не більше як на 25 %:

$$\frac{T_{\text{ц}}^* - T_{\text{ц}}}{T_{\text{ц}}} \cdot 100 \leq 25, \quad (24)$$

Якщо дану умову не можна виконати, то на вулицях шириною 14 м і більше доцільно облаштувати острівці безпеки, а перехід вулиці пішоходами організувати тоді за два світлофорних цикли. У разі неможливості реалізувати означений захід – здійснюють перерахунок  $T_{\text{ц}}$ . Перевірку тривалості основних

тактів необхідно також робити, якщо на перехресті здійснюється рух трамваїв, які долають спеціальні частини контактної мережі та рейкового шляху з обмеженою швидкістю руху.

Приклад 6.3. Визначити тривалість світлофорного циклу й основних тактів за умовами прикладу 6.2. У розрахунках прийняти  $t_{np}=4$  с.

Рішення: Визначаємо сумарну тривалість проміжних тактів за формулою 20

$$T_{np} = 4 + 4 + 4 = 12 \text{ с.}$$

Сумарний фазовий коефіцієнт за формулою 21:

$$Y = y_1 + y_2 + y_3 = 0,188 + 0,083 + 0,327 = 0,598.$$

За формулою 19 знаходимо:

$$T_u = \frac{1,5 \cdot T_{np} + 5}{1 - Y} = \frac{1,5 \cdot 12 + 5}{1 - 0,598} = 57 \text{ с.}$$

Тривалість основних тактів за формулою 22:

$$t_{o1} = (T_u - T_{np}) \cdot \frac{y_i}{Y} = (57 - 12) \cdot \frac{0,188}{0,598} = 14 \text{ с;}$$

$$t_{o2} = (57 - 12) \cdot \frac{0,083}{0,598} = 6 \text{ с;}$$

$$t_{o3} = (57 - 12) \cdot \frac{0,327}{0,598} = 25 \text{ с.}$$

Таким чином, тривалість світлофорного циклу:

$$T_u = t_{o1} + t_{np} + t_{o2} + t_{np} + t_{o3} + t_{np} = 14 + 4 + 6 + 4 + 25 + 4 = 57 \text{ с.}$$

Перевіряємо тривалості основних тактів на забезпечення пропуску пішоходів за формулою 23:

$$t_{o1}^n = \frac{L_n}{v_n} + 5 = \frac{6}{1,2} + 5 = 10 \text{ с;}$$

$$t_{o3}^n = \frac{14}{1,2} + 5 = 17 \text{ с.}$$

Так як пішоходи встигають у першій і третій фазах перейти проїзну частину відповідних вулиць, то, як остаточні, приймаємо визначені тривалості циклу і основних тактів.

## 6.6 Визначення показників якості та ефективності

Якість світлофорного регулювання оцінюють ступенем насичення смуг руху. *Ступінь насичення* – це відношення кількості транспортних засобів, що прибувають до перехрестя в даному напрямку за час циклу до максимально можливої кількості, що може пропустити перехрестя в цьому напрямку руху:

$$X_{ij} = \frac{I_{ij} \cdot T_{\text{ц}}}{I_{nij}^* \cdot t_{oi}} = y_{ij} \frac{T_{\text{ц}}}{t_{oi}}. \quad (25)$$

В якості показника ефективності управління світлофорним об'єктом приймають сумарні затримки транспортних засобів  $T_{\text{зам}}$ , які прибувають до перехрестя з усіх напрямків за одиницю часу роботи світлофорного об'єкту, сек/год.:

$$T_{\text{зам}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m t_{\text{зам}ij} \cdot N_{ij} \rightarrow \min, \quad (26)$$

де  $t_{\text{зам}ij}$  – середній час затримок транспортних засобів  $j$ -того потоку в  $i$ -тій фазі регулювання.

Для орієнтовних розрахунків середній час затримок транспортних засобів на перехресті можна визначити за формулою:

$$t_{\text{зам}i} = (T_{\text{ц}} - t_{oi}) / 2, \quad (27)$$

або для точних розрахунків:

$$t_{\text{зам}ij} = 0,9 \left[ \frac{T_{\text{ц}} (1 - \lambda_i)^2}{2(1 - \lambda_i \cdot X_{ij})} + \frac{X_{ij}^2}{2I_{ij}(1 - X_{ij})} \right], \quad (28)$$

де

$$\lambda_i = t_{oi} / T_{\text{ц}}. \quad (29)$$

Необхідно прагнути, щоб ступінь насичення смуг руху була в межах 0,7–0,9. Якщо ступінь насичення  $1 > X_i > 0,9$ , то такий стан зветься передзаторовим. Якщо ступінь насичення  $X_i \geq 1$ , то такий стан зветься заторовим. При передзаторовому або заторовому стані на перехресті необхідно виконати перерахунок світлофорного циклу. При цьому можливе запровадження наступних заходів: 1) заборона лівих поворотів; 2) заборона правих поворотів; 3) заборона лівих і правих поворотів; 4) поліпшення умов руху; 5) зміна архітектурно-планувальних характеристик транспортного вузла.



Приклад 6.4. Визначити ступінь насичення напрямків руху на перехресті вулиць за умовами прикладу 6.3.

Рішення. За формулою 25:

$$X_{1-3} = y_{1-3} \cdot \frac{T_{\psi}}{t_{o_i}} = 0,074 \cdot \frac{57}{14} = 0,301;$$

$$X_{1-4} = 0,188 \cdot \frac{57}{14} = 0,765 ;$$

$$X_{1-5} = 0,174 \cdot \frac{57}{14} = 0,708 ;$$

$$X_{2-6} = 0,083 \cdot \frac{57}{6} = 0,789 ;$$

$$X_{3-1,2} = 0,327 \cdot \frac{57}{25} = 0,746 .$$

Висновок: При запровадженні на даному перехресті світлофорного циклу з визначеною тривалістю основних тактів, передзаторові та заторові ситуації – відсутні.

## Тема 7 РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ

Схема алгоритму адаптивного управління передбачає наступну послідовність дій (рис. 15):

Блок 1. Встановлення початкових даних:

- $t_{oi \min}$  – мінімально припустимий час всіх основних тактів;
- $t_{oi \max}$  – максимально припустимий час всіх основних тактів;
- $t_{np}$  – час проміжного такту;
- $t_{ек}$  – екіпажний час.

Блок 2. Включення на світлофорах першого основного такту з тривалістю  $t_{ol \min}$ . Перехід до блоку 3.

Блок 3. На ДК переказує до ДТ запит, чи є на підходах до перехрестя, по яких дозволяється рух в даній фазі регулювання, транспортний засіб (ТЗ)? Якщо над ІР ДТ є транспортний засіб, то від ДТ надходить до ДК сигнал «так» і відбувається перехід до блоку 4, в протилежному випадку – перехід до блоку 6.

Блок 4. Перевірка, чи  $t_{ol} = t_{ol \max}$ ? Як що ні, то перехід до блоку 5, в протилежному випадку - перехід до блоку 6.

Блок 5. Тривалість першого основного такту збільшується на екіпажний час після чого слідує повернення до блоку 3.

Блок 6. Включення проміжного такту. Перехід до регулювання в наступній і-тій фазі.

Блок 7. Регулювання в і-тій фазі. Після завершення світлофорного циклу повернення до блоку 2.

За мінімально припустимий час основного такту пішоходи повинні при односторонньому русі транспортних засобів по вулиці повністю її перейти, а при двосторонньому русі – дійти до вісьової лінії:

$$t_{oi \min} = \frac{L_{nep}}{n \cdot v_n}, \text{ с}, \quad (30)$$

де  $L_{nep}$  – довжина пішохідного переходу, м;  $n$  – кількість напрямків руху по вулиці.

Для пропуску потоків транспортних засобів мінімальні значення основних тактів розраховують за формулою:

$$t_{oij \min} = \frac{3600 \cdot n_o}{I_{nij}^*} \geq 6 \text{ с}, \quad (31)$$

де  $n_o$  – кількість транспортних засобів, що чекають включення дозволяючого сигналу між стоп-лінією та ІР ДТ ( в середньому на одну смугу руху).

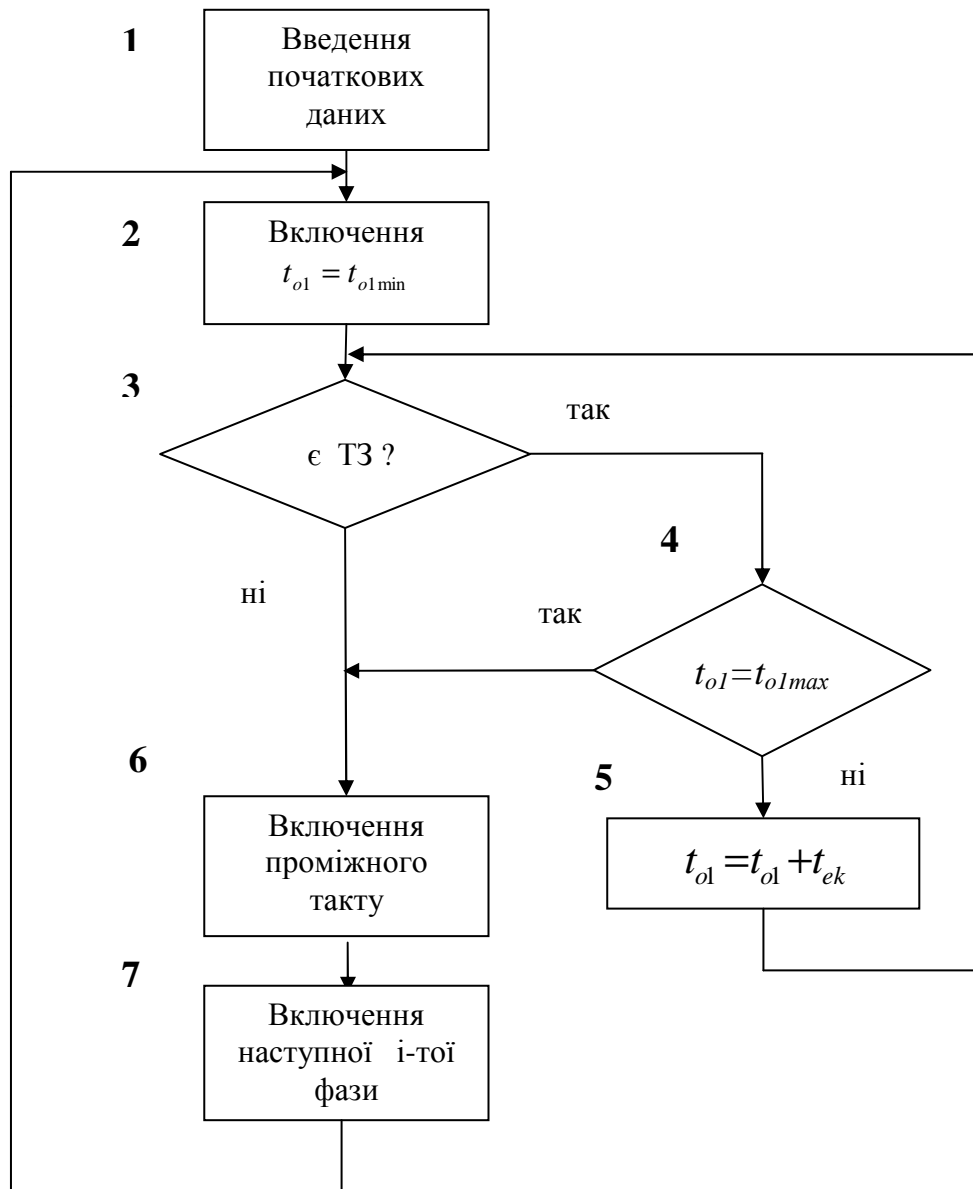


Рисунок 15 – Блок-схема алгоритму адаптивного управління

З усіх отриманих значень мінімального припустимого часу для кожної фази в якості остаточних обирають по одному найбільшому значенню.

Максимально припустимий час основних тактів приймається за результатами розрахунку основних тактів для режиму жорсткого управління:

$$t_{oi\max} = (1,2...1,3) \cdot toi, \text{ с.} \quad (32)$$

Зміна тривалості основних тактів відбувається дискретно з кроком, що дорівнює екіпажному часу, та розраховується за формулою 3. Тривалість проміжного такту така ж, як і при жорсткому програмному управлінні.

Діаграми адаптивного режиму управління будують при відсутності транспортних засобів на підходах до перехрестя та відсутності розривів в транспортних потоках. В першому випадку діаграма буде подібною діаграмі жорсткого управління з тривалістю основних тактів, що дорівнюють мінімально припустимим значенням. У другому випадку тривалість основних тактів буде дорівнювати максимально припустимим значенням .

### Контрольні запитання

1. Які вихідні дані необхідні для розрахунку режиму жорсткого програмного управління?
2. У якій послідовності ведеться розрахунок режиму жорсткого програмного управління?
3. Який параметр є показником якості світлофорного регулювання?
4. Надайте блок-схему алгоритму адаптивного управління.
5. Назвіть основні виконавчі пристрої АСУ-ДР.
6. На яких вулицях встановлюють світлофори з діаметром лінзи 300 мм?
7. Яке призначення керованого знаку?

## Тема 8 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АСУ-ДР

### 8.1 Добовий графік роботи системи

Добовий графік роботи АСУ-ДР передбачає послідовне виконання наступних операцій:

1) початковий запуск системи (поточний час  $6^{00} - 6^{30}$ ). В даній операції виконується перевірка функціонування периферійного обладнання і пристроїв ЦУП, вводиться програмне забезпечення системи;

2) повторення циклів оперативного управління ( $6^{00} - 21^{30}$ ). Кожний цикл складається з етапів:

- а) накопичення інформації про характеристики транспортних потоків;
  - б) аналізування транспортної обстановки в районі (місті);
  - в) визначення ділянок вулично-дорожньої мережі, де є заторові або передзаторові ситуації, організація обхідного руху (при необхідності);
  - г) вибір маршрутів координованого управління;
  - д) розрахунок і оптимізація плану координованого управління транспортними потоками;
  - є) оперативне управління;
  - ж) відображення транспортної обстановки і режимів управління на пристроях відображення інформації;
- 3) відключення системи ( $21^{30} - 22^{00}$ );
- 4) профілактичні роботи ( $22^{00} - 23^{00}$ );
- 5) обробка накопиченої статистичної інформації про дорожній рух та розрахунок планів координованого управління на наступну добу ( $23^{00} - 6^{00}$ ).

### 8.2 Програмне забезпечення

Програмне забезпечення (ПЗ) розподіляється на базове та спеціальне (функціональне). Базове ПЗ постачається з УОК. До нього входять програми, необхідні для управління компонентами системи. Спеціальне ПЗ містить програми, необхідні для вирішення технологічних задач. Для виконання кожного режиму роботи АСУ-ДР є свій набір програм:

- програми підготовки вихідних даних;
- комплекс технологічних програм (програми основних алгоритмів; програми допоміжних алгоритмів; програми спеціальних алгоритмів);
- комплекс оперативних програм (програма початкового запуску; програма управління периферійним обладнанням; програма обробки і аналізу інформації; програма зв'язку з оператором);
- комплекс програм обробки статистичної інформації;
- системний диспетчер, який забезпечує виконання програм спеціального ПЗ в потрібній послідовності.

### 8.3 Організація технічного обслуговування

Для підвищення надійності функціонування технічних засобів АСУ-ДР застосовують систему технічного обслуговування (ТО) і резервування найбільш важливих елементів.

Періодичність ТО для периферійного обладнання один раз на три місяці, для обладнання ЦУП проводять щоденне, щоквартальне та піврічне ТО. Основні види робіт при проведенні ТО: це перевірка роботи пристроїв, внутрішній і зовнішній огляд пристроїв з чищенням і кріпленням всіх контактів, фарбування корпусів (один раз за два напіврічних ТО). Для проведення ТО в Спеціалізованому монтажньо-експлуатаційному підприємстві (СМЕП) складають відповідні графіки та ведуть встановлену документацію, в яку заносять дані про зміст виконаних робіт, стан технічних засобів, вказують дані осіб, що проводили ТО.

Основним видом ремонтних робіт є поточний ремонт, який проводиться при відмові обладнання. При цьому застосовують метод заміни несправного блоку з його наступним ремонтом в спеціалізованій майстерні.

#### Контрольні запитання

1. З яких операцій складається добовий цикл АСУ-ДР?
2. Надайте структуру програмного забезпечення АСУ-ДР.
3. Які заходи застосовують для підвищення надійності АСУ-ДР?

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін. ; під ред. М. Ф. Дмитриченка. – Київ : Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн. / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4)
2. Коноплянко В. И. Организация и безопасность дорожного движения / В. И. Коноплянко. – Москва : Транспорт, 1991. – 183 с.
3. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения / Ю. А. Кременец. – Москва : Транспорт, 1990. – 255 с.
4. Поліщук В. П. Інформаційне забезпечення учасників дорожнього руху : навч. посібник / В. П. Поліщук, Н. Т. Кунда. – Київ : ІЗМН, 1998. – 132 с.
5. Хомяк Я. В. Организация дорожного движения / Хомяк Я. В. – Київ : Вища школа, 1986. – 271 с.

*Навчальне видання*

**ПРАСОЛЕНКО Олексій Володимирович**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

з дисципліни

**АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ  
УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ**

*(для студентів 5 курсу денної та 6 курсу заочної форм навчання  
спеціальностей  
7.07010104 ,8.07010104 – Організація і регулювання дорожнього руху)*

Відповідальний за випуск: *В. К. Доля*

Редактор: *З. І. Зайцева*

Комп'ютерне верстання: *І. В. Волосожарова*

План 2014, поз. 168 Л

---

Підп. до друку 26.06.2013 р.  
Друк на ризографі  
Тираж 50 пр.

Формат 60x84/16  
Ум. друк. арк. 2,4  
Зам. №

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.